

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

ZAKLJUČNA NALOGA
MOŽGANSKA POVEZLJIVOST IN OSEBNOST

JAKOB SAJOVIC

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Zaključna naloga

Možganska povezljivost in osebnost

(Brain connectivity and personality)

Ime in priimek: Jakob Sajovic
Študijski program: Biopsihologija
Mentor: prof. dr. Gorazd Drevenšek
Sommentor: izr. prof. dr. Zoran Levnajić

Koper, avgust 2017

Ključna dokumentacijska informacija

Ime in PRIIMEK: Jakob SAJOVIC

Naslov zaključne naloge: Možganska povezljivost in osebnost

Kraj: Koper

Leto: 2017

Število listov: 36

Število slik: 3

Število tabel: 1

Število referenc: 69

Mentor: prof. dr. Gorazd Drevenšek

Somentor: izr. prof. dr. Zoran Levnajić

Ključne besede: Možganska povezljivost, osebnost, BIG-5, osebnostne poteze, duševne motnje, mejna osebnostna motnja

Izvleček:

V procesu kognicije, zaznavanja, osmišljanja in drugih aktivnosti, ki nam omogoča oblikovanje naše človeškosti, nevroni in nevronske populacije ne delujejo izolirano. Namesto tega se organizirano povezujejo med seboj in s svojimi vhodnimi in izhodnimi povezavami omogočajo naše delovanje. Ta proces imenujemo možganska povezljivost (Horwitz, 2003). Zaradi tako tesne povezanosti z našim delovanjem, nas je zanimalo v kolikšni meri sodobne raziskave povezujejo pojem možganske povezljivosti in osebnosti. Pred začetkom oblikovanja članka smo si zastavili vprašanje »Na katerih področjih novejša raziskava povezujejo možgansko povezljivost in osebnost, ter kakšen pomen te povezave nosijo za psihološko stroko?« Članke, ki sestavljajo pregled smo pridobili z baze PubMed z iskalnim nizom »"brain connectivity" AND personality«. Odgovor na raziskovalno vprašanje, ki ga ponuja pregled je, da je hitro razvijajoče se področje raziskovanja možganske povezljivosti vedno pomembnejše za razumevanje osebnosti in medosebnih razlik s pomembnimi posledicami za diagnosticiranje in zdravljenje duševnih motenj.

Key words documentation

Name and SURNAME: Jakob SAJOVIC

Title of the final project paper: Brain connectivity and personality

Place: Koper

Year: 2017

Number of pages: 36 Number of figures: 3 Number of tables: 1

Number of references: 69

Mentor: Prof. Gorazd Drevenšek, PhD

Co-Mentor: Assoc. Prof. Zoran Levnajić, PhD

Keywords: Brain connectivity, personality, BIG-5, personality traits, mental disorder, borderline personality disorder

Abstract: In the process of cognition, perception, salience and other activity that enables the formation of our humanity, the neuronal populations of the brain do not act as isolated islands, but rather form connections between and within themselves that enable our functioning. This process of interconnected functioning is called brain connectivity (Horwitz, 2003). Because of this close relationship with human functioning, we explored how modern scientific research connects brain connectivity and personality. Our research question was »How modern science connects brain connectivity to personality and what implications that may carry for psychology?«. The articles, upon which we based our review, were acquired from PubMed online database with search string »"brain connectivity" AND personality«. The answer to the research question, that our review provides, is that brain connectivity is a quickly expanding scientific field, which bears increased importance for understanding of personality and interpersonal differences with serious implications for diagnostics and treatment of mental illness.

ZAHVALA

V prvi vrsti bi se rad zahvalil mentorju prof. dr. Gorazdu Drevenšku ter somentorju izr. prof. dr. Zoranu Levnajiću za usmerjanje ter pomoč pri strokovnem in tehničnem oblikovanju diplomske naloge, ki bi bila brez njune pomoči daleč od sedanje oblike.

Nadalje bi se zahvalil svojemu dekletu za podporo in pogoste koristne nasvete ob pisanju tega dela, brez nje bi bilo to delo slogovno in oblikovno revnejše in manj dovršeno, brez njene podpore pa bi delo končal v veliko bolj živčnem stanju kot sicer, zaradi česar sem ji iskreno hvaležen.

Nazadnje bi se rad zahvalil svojim staršem in bratu, za potrpežljivo branje tega dela ter koristne predloge in pomoč pri njegovi slogovni in tehnični obliki.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
1.1	Možganska povezljivost	1
1.1.1	Stopnja vozlišč.....	5
1.1.2	Mere funkcionalne segregacije.....	6
1.1.3	Mere funkcionalne integracije.....	6
1.1.4	Lastnosti malega sveta.....	6
1.1.5	Motivi	7
1.1.6	Centralnost.....	7
1.1.7	Participacijski koeficient	7
1.1.8	Odpornost	8
1.2	Teoretična povezava pojmov možganske povezljivosti in osebnosti	8
1.3	Pomen poznavanja možganske povezljivosti za zdravljenje in diagnosticiranje duševnih motenj.....	10
1.4	Namen in cilji znanstvenega pregleda	11
2	METODA	12
3	REZULTATI	14
3.1	Metodologija področja preučevanja možganske povezljivosti.....	14
3.2	Anksioznost in osebnostne poteze	17
3.2.1	Osebnostne poteze	17
3.2.2	Anksioznost	19
3.2.3	Iskanje novosti in izogibanje škodi	19
3.3	Inteligentnost, učenje in odločanje	20
3.3.1	Inteligentnost	20
3.3.2	Učenje.....	21
3.3.3	Odločanje.....	21
3.4	Druge duševne motnje	22
3.4.1	Mejna osebnostna motnja	22
3.4.2	Druge duševne motnje	23
3.5	Drugo	24
3.5.1	Neduševna bolezenska stanja	24
3.5.2	Spol.....	24
3.5.3	Nagrajevanje in užitek	24
3.5.4	Razno	25
4	DISKUSIJA	26
4.1	Anksioznost in osebnostne poteze	26
4.2	Inteligentnost, učenje in odločanje	27
4.3	Druge duševne motnje	28

5	SKLEPI.....	29
6	LITERATURA IN VIRI.....	30

KAZALO SLIK

Strukturna povezljivost.....	3
Funkcionalna povezljivost.....	4
Efektivna povezljivost	5

1 UVOD

V delu se osredotočamo na povezovanje področij možganske povezljivosti in osebnosti. V uvodu najprej opredelimo in opišemo področje možganske povezljivosti, kjer opredelimo osnovne pojme in predstavimo ustaljene teorije s tega področja. Nadalje podamo definicijo osebnosti in prikažemo povezavo med področjema.

1.1 Možganska povezljivost

V procesu kognicije, zaznavanja, osmišljanja in drugih aktivnosti, ki nam omogoča oblikovanje naše človeškosti, nevroni in nevronske populacije ne delujejo izolirano. Namesto tega se organizirano povezujejo med seboj in s svojimi vhodnimi in izhodnimi povezavami omogočajo naše delovanje. Ta proces imenujemo možganska povezljivost (Horwitz, 2003).

Začetki raziskovanja možganske povezljivosti segajo v 60. leta z Adeyevimi raziskavami korelacij počasnih možganskih valov pri mačkah (Horwitz, 2003). Mačke z vsajenimi elektrodami so spremljali v naučenih situacijah v labirintu in opažali konsistentne vzorce pri pravih odzivih na nalogo ter drugačne konsistentne vzorce pri napačnih odzivih na nalogo v hipokampalnem področju možganov (Adey, Walter, Hendrix, 1961).

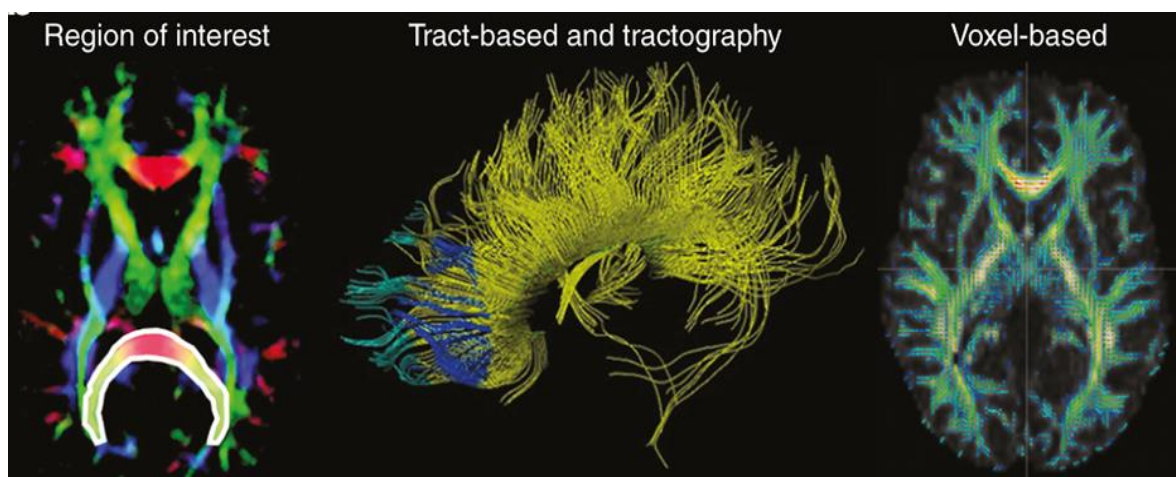
Na tej točki moramo omeniti, da se povezljivost v možganih preučuje na dveh ravneh, mikro in makro ravni. Mikroraven se nanaša na sinaptične in receptorske interakcije posameznih nevronov ali nevronskih populacij, medtem ko se makroraven nanaša na interakcije možganskih področij, ne posameznih nevronov (Behrens, Sporns, 2012). Vendar pa tu izraz področje ne pomeni le klasičnih določenih področij, kot je motorični korteks, V1 ali orbitofrontalni korteks. Pomeni izbran odsek možganovine, ki je lahko z uporabo najnovejših slikovnih tehnik majhen do enega kubičnega milimetra. Tako se področji razlikujeta v pristopu in posledično metodologiji, v nalogi pa se bomo osredotočali na makroraven povezljivosti. Izraz povezljivost v tej nalogi tako označuje interakcije različnih možganskih področij.

Od začetkov EEG študij se je uporabljanim tehnikam pridružilo mnogo slikovnih, traktografskih in računalniških pripomočkov in metod, ki danes omogočajo podrobno raziskovanje interaktivnih procesov v človeških možganih brez potrebe po invazivnih posegih (Horwitz, 2003; Geyer, Weiss, Reimann, Lohmann, in Turner 2011, Nazarova in Blagovechtchenski, 2015). Nadalje se je od odkritja pomena aktivnosti mirujočega stanja, angleško *resting state*, kot metoda raziskovanja povezljivosti uveljavilo slikanje v mirujočem stanju, angleško *resting state imaging* kot alternativa slikanju ob aktivnostih (Sporns, 2013).

Nova, hitro razvijajoča se znanstvena disciplina, ki je izšla iz področja študij povezljivosti je konektomika, katere cilj je izdelava podrobnega zemljevida možganske povezljivosti, od mikroravni posameznih sinaptičnih povezav do makroravni možganskih regij in njihovih interakcij (Behrens, Sporns, 2012). Makrokonektomika je znanstvena disciplina, ki se ukvarja z makroravnjo možganskih interakcij. Ukvarja se s povezovanjem dveh vplivnih idej v sistemski nevroznanosti, idejo funkcionalne specializacije in idejo funkcionalne integracije. Funkcionalna specializacija je pojav, pri katerem posamezna področja možganov delujejo kot samostojne enote, ki se aktivirajo v primernih funkcionalnih kontekstih, medtem ko funkcionalna integracija označuje interakcijo in vpliv takšnih regij drugih na drugo, ki povzročijo nastanek in vzdrževanje koherentnih izkušenj in vedenj posameznika (Behrens, Sporns, 2012).

Rezultati študij možganske povezljivosti so možganske mreže, ki so matematične reprezentacije dejanskih življenjskih kompleksnih sistemov, v tem primeru možganov. Možganske mreže so sestavljene iz vozlišč in robov, vozlišča so anatomske regije, medtem ko so robovi funkcionalne, efektivne ali strukturne povezave (Rubinov, Sporns, 2010). Opredelitev možganskih mrež je mogoča z opazovanjem fizioloških procesov v anatomskih regijah možganov. Poznamo več vrst možganske povezljivosti pridobljene s pomočjo makrokonektomskih študij, ki se razlikujejo po vrsti informacij, ki jih prinašajo ter metodologiji njihovega določanja. Poznamo funkcionalno povezljivost, strukturno povezljivost in efektivno ali učinkovno povezljivost (Sporns, 2003; Behrens, Sporns, 2012).

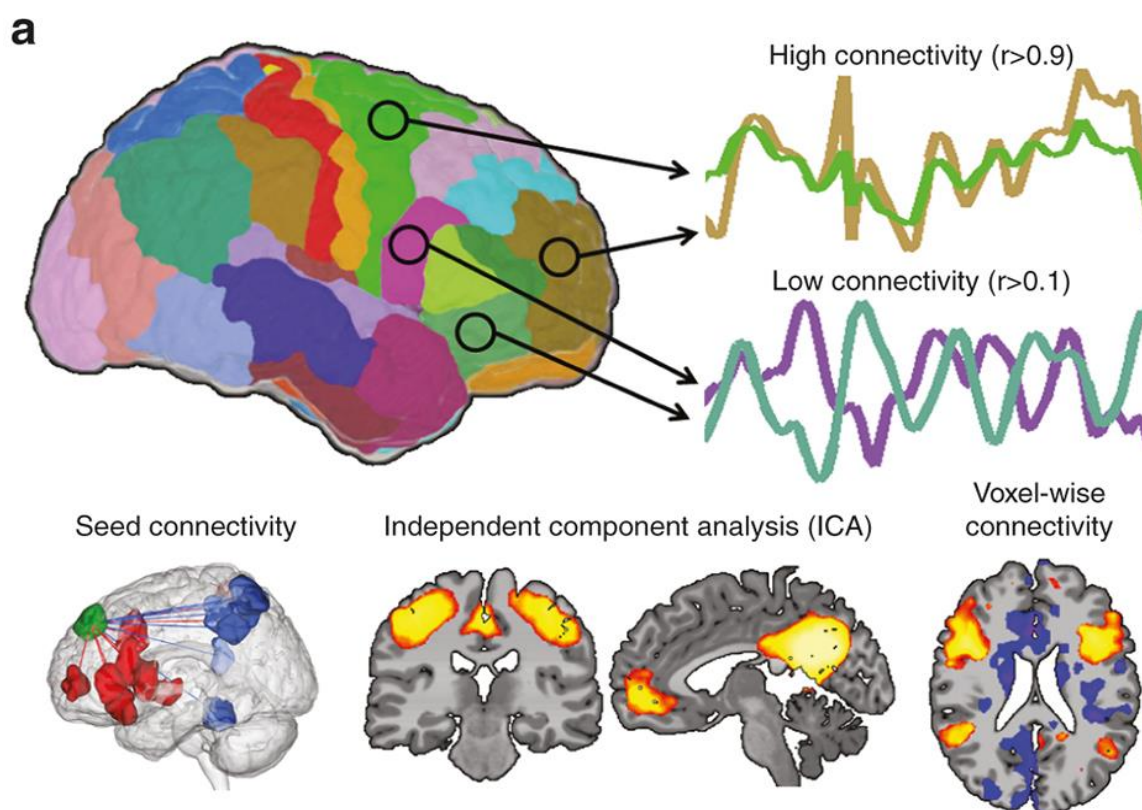
- Strukturna povezljivost se večinoma navezuje na povezave različnih nevroloških elementov preko bele snovi v možganih. V zadnjih časih je vedno pogostejša metoda za določanje strukturne povezljivosti difuzijsko tenzorsko slikanje ali DTI. Podatki o povezavah pridobljeni na te načine pa ne prinašajo informacije o smeri povezav, saj tehnike za odkrivanje strukturne povezljivosti razkrijejo le poti povezave (Sporns, 2013). *Slika 1.1* podaja primere opazovanja strukturne povezljivosti. Na levi strani je prikaz povezljivosti vnaprej določenega ROI ali območja zanimanja (v beli obrobi) s pomočjo DWI. V sredini je primer traktografskih rezultatov, t.j. študije, ki na podlagi podatkov DWI ali drugih metod slikanja bele snovi izoblikujejo zemljevid vlaken bele snovi, ki povezujejo kortikalna področja. Na desni je primer rezultata študije, ki je uporabljala VBM (ali *voxel based morphology*), ki določi in primerja strukturno povezljivost vsakega voksla (osnovna enota 3D slike) med vsemi udeleženci (Scheinost idr. 2017).



Slika 1.1. Strukturna povezljivost. (Scheinost idr. 2017)

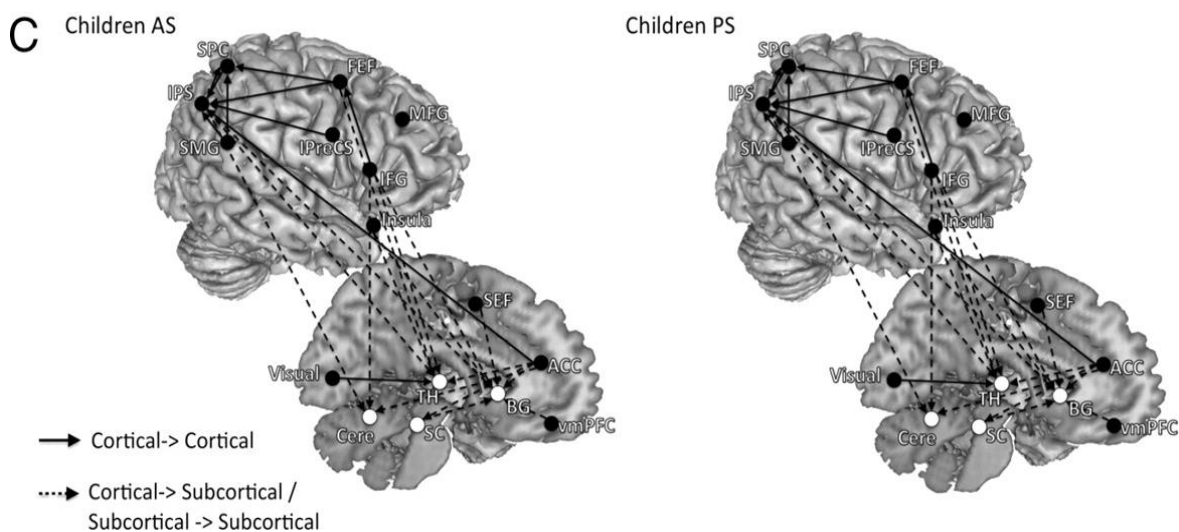
- Fristonova (1994) definicija funkcionalne povezljivosti je splošno sprejeta in opredeljuje funkcionalno povezljivost kot časovno korelacijo prostorsko oddaljenih nevrofizioloških dogodkov. Funkcionalna povezljivost tako odraža rezultate študij časovnih serij, kot so spremembe v BOLD (*blood oxygenation level dependant*) signalih zaznanih z fMRI slikanji. Opisuje vzorce statistične odvisnosti med nevrološki elementi, torej časovno povezano aktivacijo ali utišanje možganskih območij (Sporns, 2013). *Slika 1.2* podaja primere opazovanja funkcionalne povezljivosti. Zgornji del slike prikazuje kaj pomeni pojem funkcionalne povezljivosti; zeleno in rjavo obarvana predela imata korelirano aktivnost v času (zeleno in rjava črta), kar pomeni visoko funkcionalno povezljivost območji, medtem ko za modro in vijolično obarvana predela velja, da imata nekorelirano aktivnost v času (vijolična in modra črta) ter zato nizko povezljivost. Spodaj levo je prikaz rezultata študije, ki je uporabila metodo temelječo na semenih (ali *seed based*), kjer iz vnaprej določenega ROI (zeleni predel) opazujemo povezljivost tega ROI z drugimi možganskimi področji. V sredini je primer ICA pristopa (ali *independent*

component analysis), ki opazovano aktivnost celotnih možganov razdeli v mreže glede na njihovo koreliranost. Levi primer ICA je motorična mreža, desni pa mreža mirujočega stanja (ali *default mode network*). Na desni je primer pristopa temelječega na primerjanju posameznih vokslov, kjer se izračuna in primerja funkcionalna povezljivost vsakega posameznega voksla z vsemi drugimi voksli slike (Scheinost idr. 2017).



Slika 1.2. Funkcionalna povezljivost. (Scheinost idr. 2017)

- Efektivna (učinkovna) povezljivost je definirana kot vpliv, ki ga en nevronskega sistema izkaže na drugem (Friston, 1994). Gre za določanje povezav med različnimi nevrološkimi elementi ter določanje vzročnosti vpliva elementov enega na drugega. Vzročnost oz. usmerjenost povezav poskušamo pridobiti z modelnimi metodami, s katerimi poskušamo najti najboljši vzročnostni model za dobljene podatke (Sporns, 2013). *Slika 1.3* prikazuje opaženo efektivno povezljivost otroških možganov med opravljanjem prosakadne in antisakadne naloge (nadzorovanje trzaja očesa ob dražljaju). Polne črte predstavljajo učinek enega kortikalnega območja na drugega, medtem ko črtkane črte predstavljajo vpliv kortikalnega področja na subkortikalno strukturo ali vpliv subkortikalne strukture na subkortikalno strukturo (Hwang, Velanova, Luna, 2010).



Slika 1.3. Efektivna povezljivost. (Hwang, Velanova, Luna, 2010)

Pri interpretaciji rezultatov študij možganske povezljivosti uporabljamo mere možganskih mrež. V nadaljevanju navedemo in opišemo nekaj pomembnih mer možganskih mrež:

1.1.1 Stopnja vozlišč

Stopnja vozlišč je mera, ki opisuje povezanost posameznega vozlišča z drugimi sosednjimi vozlišči. Pove nam, koliko povezav ali robov ima posamezno vozlišče s svojimi sosedi. Vozlišča z več povezavami so za mrežo bolj pomembna (Rubinov, Sporns, 2010). Porazdelitev stopenj vseh vozlišč je pomembna mera razvitosti in odpornosti na napake in poškodbe mreže (nadalje odpornost). Povprečna stopnja vozlišč neke mreže nam da povezavno ceno ali *wiring cost* mreže (Telesford, Simpson, Burdette, Hayasaka, Laurienti, 2011).

1.1.2 Mere funkcionalne segregacije

Mere segregacije kvantificirajo prisotnost gruč možganskih regij, ki so med seboj gosto povezane in omogočajo specializirano delovanje možganov (Telesford idr., 2011).

- Koeficient gručenja: Koeficient gručenja nekega vozlišča je delež njegovih sosedov, ki so povezani med seboj (Telesford idr. 2011). Povprečni koeficient gručenja mreže predstavlja nagnjenost mreže k povezljivosti koncentrirani okrog posameznih vozlišč (Rubinov, Sporns, 2013).
- Transitivnost: Normalizirana verzija koeficienta gručenja, ki se izogne popačenjem rezultatov zaradi vozlišč z nizko stopnjo (Telesford idr., 2011; Rubinov, Sporns, 2013).
- Modularnost: Odraža delitev mreže na posamezne skupnosti. Predstavlja stopnjo, do katere lahko mrežo razdelimo na enote, ki imajo maksimalno notranjo in minimalno zunanjo število povezav (nadalje skupnosti) (Telesford idr. 2011).

1.1.3 Mere funkcionalne integracije

So ocena težavnosti s katero ločene možganske regije komunicirajo med seboj. Temeljijo na konceptu poti, ki je zaporedje vozlišč in robov, ki predstavljajo potencialni tok informacij (Rubinov, Sporns, 2010). Krajše poti pomenijo večji potencial mreže za integracijo (Telesford idr. 2011).

- Značilna dolžina poti: Povprečna najkrajša pot med vsemi pari vozlišč v mreži (Telesford idr. 2011)
- Globalna učinkovitost: Je mera povezana z značilno dolžino poti in je povprečna vrednost najkrajše poti na potenco -1 . Meri se razlikujeta v tem, da na značilno dolžino poti bolj vplivajo dolge povezave, medtem ko na globalno učinkovitost bolj vplivajo kratke povezave (Telesford idr., 2011; Rubinov, Sporns, 2010).

1.1.4 Lastnosti malega sveta

Lastnost možganov, da so obenem funkcionalno razdeljeni, vendar so posamezna področja še vedno povezana med seboj, lahko opišemo z izrazom, da izražajo lastnosti malega sveta. Mali svet je koncept iz matematične discipline teorije grafov. Mali svet opredeljuje neko mrežo kot skupek klik, z gostimi povezavami znotraj njih in redkimi povezavami med njimi. Drugače so takšne mreže definirane kot mreže, ki so pomembno bolj gručene kot naključno ustvarjene mreže, vendar imajo približno enako značilno dolžino poti kot naključne (Rubinov, Sporns, 2010; Telesford idr., 2011).

1.1.5 Motivi

So vzorci lokalne povezljivosti, imenovani tudi trikotniki, ki so lahko pozitivne povratne zanke, negativne povratne zanke i.td. (Rubinov, Sporns, 2011).

- Z-vrednost motiva: Določa pomembnost motiva s pomočjo pogostosti njegovega pojavljanja v primerjavi z naključno mrežo (Telesford idr., 2011).
- Motivni odtis: Pogostost pojavljanja raznih motivov v bližini nekega vozlišča, ki pogosto odraža funkcionalno vlogo regije (Rubinov, Sporns, 2011).
- Značilni motivni profil mreže: Pogostost pojavljanja različnih motivov na nivoju celotne mreže (Telesford idr., 2011; Rubinov, Sporns, 2010).

1.1.6 Centralnost

Mere centralnosti opredeljujejo pomembnost vozlišč glede na njihovo vlogo v funkcionalni integraciji in odpornosti (Telesford idr., 2011).

- Stopnja vozlišča
- Znotraj-modulska Z-vrednost: V mrežah, ki se delijo modularno, ta Z-vrednost poda pomembnost vozlišča za posamezni modul s pomočjo njegove stopnje (Rubinov, Sporns, 2010).

1.1.7 Participacijski koeficient

Opredeljuje raznolikost povezav posameznih vozlišč glede na skupnosti. Vozlišče, ki ima visoko znotraj-modulsko Z-vrednost in nizki participacijski koeficient tako deluje kot lokalno središče, medtem ko visok participacijski koeficient pomeni središče, ki povezuje različne module (Rubinov, Sporns, 2010).

- Bližinska centralnost (*closeness centrality*): Je mera, ki je povprečje najkrajših poti nekega vozlišča z vsemi drugimi vozlišči na potenco -1 . Predstavlja mero, do katere je vozlišče udeleženo v kratke povezave (Telesford idr. 2011).
- Vmesna centralnost (*betweenness centrality*): Je delež vseh najkrajših poti mreže, ki potujejo čez dano vozlišče. Vozlišča, ki povezujejo oddaljene regije imajo ponavadi visoko vmesno centralnost (Telesford idr., 2011).

1.1.8 Odpornost

Je lastnost mrež, da prestanejo poškodbe in napake. Ponavadi je odpornost testirana z longitudinalnimi študijami patologije (npr. Alzheimerjeve bolezni) ali računalniškimi simulacijami lezij (Rubinov, Sporns, 2010).

- Porazdelitev stopenj: Je mera, ki označuje zakonitosti organizacije mreže. Mreža, ki ima potenčno organiziranost (spremembe na enem vozlišču se potenčno prenesejo na druge), je zaradi tega močno dovzetna za poškodbe in napake na ključnih vozliščih. Dejanske mreže pogosto sledijo potenčni organiziranosti na lokalni ravni (raven modulov), zaradi česar je nivo, do katerega se celotne mreže vedejo po takšni organizaciji pokazatelj njihove odpornosti (Rubinov, Sporns, 2010; Telesford idr. 2011).
- Koeficient asortativnosti: Je korelacijski koeficient stopenj vseh vozlišč na vsakem koncu neke povezave. Mreže s pozitivnim asortativnostnim koeficientom imajo tako odporno jedro iz medsebojno povezanih središč (Rubinov, Sporns, 2010; Telesford idr. 2011).

1.2 Teoretična povezava pojmov možganske povezljivosti in osebnosti

Ameriška psihološka zveza APA osebnost opredeljuje kot individualne razlike v značilnih vzorcih mišljenja, čutenja in vedenja. Področje raziskovanja osebnosti se deli na dve širši usmeritvi, razumevanje individualnih razlik v posameznih osebnostnih lastnostih in razumevanje načina na katerega različni elementi osebnosti tvorijo celotno osebo (Personality, 2017).

Jia, Hu, in Deshpande (2014) so v svoji študiji pokazali, da različno merjene možganske povezljivosti pojasnjujejo od 10% do 50% medosebne variance v rezultatih na BIG 5 vprašalniku BFI-II. BIG 5 je model osebnosti, ki opisuje osebnost posameznika glede na pet dimenzij osebnosti, ki so ekstravertnost, nevroticizem, prijetnost, odprtost za izkušnje in vestnost. Izhaja iz združevanja leksične teorije, ali teorije, da so vsi pomembni vidiki medosebnih razlik zajeti v besednjaku posameznega jezika, ter klasične metodologije razvoja in uporabe psiholoških vprašalnikov (McCrae, John, 1992). Možnost doseganja razmeroma visokih deležev pojasnjene variance nakazuje na uporabnost študij možganske povezljivosti za pojasnjevanje medosebnih razlik v osebnostnih lastnostih z nevrobiološkega vidika.

Poleg pojasnjevanja večjega dela variance v rezultatih BIG 5 vprašalnika so pokazali vrednost možganske povezljivosti za pojasnjevanje medosebnih razlik v še 70 drugih merah, ki so med drugim vključevale: fluidno inteligentnost, delovni spomin, zadovoljstvo z življenjem in druge (Jia idr. 2014).

Smith idr. (2015) so ugotovili korelacijo med načinom funkcionalne povezljivosti in različnimi medosebnimi spremenljivkami, kot so vedenjske mere (kršenje pravil, upoštevanje norm ipd.), psihometrične vrednosti (IQ, BFI rezultati) in demografski podatki kot sta starost in spol. Ugotavljajo, da je močna povezljivost v medialnem frontalnem in parietalnem korteksu, temporo-parietalnem vozlišču, anteriorni insuli in frontalnem operkulom v obeh hemisferah pozitivno korelirana s "pozitivnimi" medosebnimi spremenljivkami, kot so IQ, zadovoljstvo z življenjem in prihodek ter negativno korelirana s "slabimi" medosebnimi spremenljivkami, kot je antisocialno vedenje, zloraba drog ipd.

Raziskave na tem področju tako kažejo pomembnost za razumevanje osebnosti, saj so osebnostne poteze, inteligentnost, spomin, vedenje in druge lastnosti posameznikov, kot ključni elementi osebnosti, povezani z možgansko povezljivostjo.

1.3 Pomen poznavanja možganske povezljivosti za zdravljenje in diagnosticiranje duševnih motenj

Duševna motnja je po Diagnostičnem in Statističnem Priručniku Duševnih Motenj – 5. izdaja (Ameriška Psihiatrična Zveza, [APA²], 2013) ali DSM-V opredeljena kot:

1. Vedenjski ali psihološki sindrom ali vzorec, ki se pojavlja v posameznikih (APA², 2013)
2. Ima za posledico klinično pomembno stisko (npr. boleč simptom) ali invalidnost oz. nezmožnost (okrnjenost delovanja ene ali več področij ključnih za vsakdanje delovanje) (APA², 2013)
3. Ni pričakovana posledica običajnih stresorjev in izgub (npr. izguba bližnjega), ali kulturno pogojen odziv na specifičen dogodek (npr. stanja transa pri verskih obredih) (APA², 2013)
4. Odraža psihobiološko disfunkcijo (APA², 2013)
5. Ni rezultat izključno družbene deviance ali nestrinjanja z družbo (APA², 2013)
6. Ima diagnostično veljavnost po enem ali več faktorjih diagnostične veljavnosti, ki so: napovedna vrednost, psihobiološke motnje, odziv na zdravljenje in drugo (APA², 2013).
7. Ima klinično uporabnost (npr. pripomore k konceptualizaciji diagnoz, izboljša oceno ali zdravljenje) (APA², 2013).

Pod to definicijo spada več kot 450 različnih stanj, ki jih obravnava in opredeljuje DSM-V.

Lynall, Bassett, Kerwin, McKenna, Kitzbichler, Muller in Bullmore (2010) so ugotovili mnoge spremembe v funkcionalni povezljivosti pri posameznikih s shizofrenijo. Ugotovili so zmanjšanje moči povezav ter povečanje raznolikosti povezav. Zmanjšano je bilo izkazovanje lastnosti malega sveta in gručenja ter zmanjšanje pomembnosti ter števila pomembnih središč. Shizofrene osebe imajo tako manj središčem podrejeno in manj integrirano konfiguracijo možganske povezljivosti, ki pa kaže večjo odpornost na naključen napad (napaka ali poškodba), kar bi lahko kazalo na možno prednost shizofreniji podobnega sistema, če bi bile te lastnosti manj izražene.

Anticevic idr. (2013) v svoji raziskavi so ugotovili povezavo med zmanjšano in spremenjeno povezljivostjo znotraj medialnega prefrontalnega korteksa in medialnega prefrontalnega korteksa z limbičnimi strukturami v bipolarni motnji. Nadalje ugotavljajo vpliv zmanjšane povezljivosti lateralnega prefrontalnega korteksa na izražanje psihotičnih simptomov.

Olbrich, Tränkner, Chittka, Hegerl, Schönknecht (2014) ugotavljajo povečano povezljivost subgenualnega, medialnega in dorzolateralnega prefrontalnega korteksa s pomočjo EEG-ja pri depresivni motnji. Predlagajo uporabo teh ugotovitev kot bioloških označevalcev te motnje.

Konrad in Eickhoff (2010) v svojem članku opisujeta dognanja študij povezljivosti, ki ADHD ali motnjo pozornosti in hiperaktivnosti opredeljujejo kot primarno motnjo možganskih mrež. Stimulansi, kot zdravilo za motnjo, uravnavajo povezljivost in tako omogočajo izginotje simptomov.

Na mnogih področjih duševnega zdravja, od psihoz in depresije do ADHD, se kaže vrednost raziskav možganske povezljivosti. Možganska povezljivost omogoča hitrejši napredek nevrološke razlage različnih duševnih motenj s čimer se večja pomembnost področja možganske povezljivosti za razumevanje področja.

1.4 Namen in cilji znanstvenega pregleda

Raziskovalno vprašanje, ki smo si ga zastavili pred opravljanjem pregleda je bilo: »Na katerih področjih novejša raziskave povezujejo možgansko povezljivost in osebnost, ter kakšen pomen te povezave nosijo za psihološko stroko?« Namen tega znanstvenega pregleda je osvetlitev povezave in pomembnosti razvijajočega se področja možganske povezljivosti za razumevanje človeške osebnosti in individualnih razlik ter za razumevanje patologije, ki jo te razlike prinesejo. Naš cilj je tako združevanje in ovrednotenje odkritij s tega področja zadnjih petih let in predstavitev njihovega pomena za razumevanje osebnosti ter za diagnostiko in razumevanje duševnih motenj.

Menimo, da je pregled literature s tega področja potreben, saj po naših informacijah takšen pregled, ki bi združeval možgansko povezljivost in osebnost, še ni bil izveden in bi lahko bil v pomoč pri zasnovi nadaljnjih raziskav.

2 METODA

V tem poglavju predstavimo način izvedbe pregleda in opišemo njegov postopek ter številsko predstavimo rezultate pregleda.

Pregled je bil izveden z deskriptivno metodo. Iskanje znanstvenih del je potekalo od Aprila 2017 do Maja 2017 v bazi PubMed. Strategijo iskanja literature smo zastavili v skladu s ciljem znanstvenega pregleda. V ta namen smo uporabil iskalni niz "brain connectivity AND personality". Izpis zadetkov je bil časovno omejen na zadnjih petih let, torej od leta 2012 do leta 2017, saj je namen predstaviti najnovejše ugotovitve s tega področja. V pregled literature smo tako vključili vse članke od začetka leta 2012 pa do Maja 2017. Nadalje smo vključili filtre iskanja "Clinical Trial", "Comparative Study", "Evaluation Studies", "Journal Article", "Randomized Controlled Trial", "Review", "Systematic Reviews", "Twin Study", "Validation Studies" z namenom pridobitve vseh relevantnih člankov s tega področja. Filtra review in systematic review smo vključili v namen zbiranja literature za teoretično osnovo znanstvenega pregleda.

Vsebinski kriterij izbora je bil, da članek vsebuje dognanja s področja možganske povezljivosti v povezavi z osebnostjo. Pregledne članke smo iz znanstvenega pregleda izključili, saj nas zanimajo predvsem izvirne raziskave s tega področja, ki odražajo razvoj razumevanja možganske povezljivosti ter njenih povezav z osebnostjo.

Iskalni niz je v iskalniku PubMed vrnil 57 zadetkov, pet je bilo preglednih člankov s področja. Nadalje smo članke po obravnavani tematiki razdelili v 8 kategorij. Tabela 1 prikazuje razpored in število člankov v posamezni kategoriji.

Tabela 1: Kategorije in število člankov v posamezni kategoriji:

Kategorija:	Število Zadetkov:
1. Neduševna bolezenska stanja	2
2. Razvoj pojma možganske povezljivosti in metodologije	9
3. Anksioznost in osebnostne poteze	7
4. Inteligentnost, učenje in odločanje	11
5. Druge duševne bolezni in motnje	15
6. Spol	2
7. Nagrajevanje in užitek	2
8. Drugo	3
9. Izključeni	1
Skupaj:	/ 52

Nadalje smo v skupinah anksioznost in osebnostne poteze, inteligentnost, učenje in odločanje ter druge duševne bolezni in motnje izbrali osrednje članke, katerih dognanja smo povezovali z ostalimi članki znotraj skupine. Za predstavitev dognanj s področja metodologije uporabimo vse članke v enaki meri, prav tako pri kategorijah spol, nagrajevanje in užitek in neduševna bolezenska stanja. Za izbiro osrednjih člankov smo se odločili pri skupinah, ki so najpomembnejše za povezovanje področja osebnosti in možganske povezljivosti ter na katere se bomo v pregledu osredotočali v skladu z namenom in cilji znanstvenega pregleda. V kategoriji drugo smo med pregledom izključili članek, ki ni opravljal raziskave na področju možganske povezljivosti, temveč le predlagal raziskovanje tega področja nadaljnjim študijam.

Uporabljene raziskave štejejo za kakovostne, saj so bili vsi članki ustrezno strokovno pregledani pred objavami v priznanih znanstvenih revijah in bazi PubMed. Po najnovejših informacijah noben od pridobljenih člankov ni bil odstranjen z baze PubMed ali umaknjen iz revije v kateri je bil objavljen. Citiranost težje uporabimo kot merilo kakovosti člankov, saj gre za novejšo raziskavo s področja možganske povezljivosti.

3 REZULTATI

V tem poglavju predstavimo rezultate znanstvenega pregleda in jih znotraj kategorij medsebojno povežemo.

3.1 Metodologija področja preučevanja možganske povezljivosti

Li idr., (2013) predstavijo nov način preučevanja možganske povezljivosti, ki se izogiba težavam, ki nastanejo pri običajnih metodah določanja možganskih mrež. Pri običajnih metodah so vozlišča vnaprej določene ROI (ali *regions of interest*), območja zanimanja, pridobljena s pomočjo gručenja vokslov ali pridobljena iz anatomskih atlasov. Voksel je osnovni del tridimenzionalne digitalne slike, v primeru možganske povezljivosti pogosto fMRI slike, na isti način kot je piksel osnovni del dvodimenzionalne digitalne slike. Vozlišča povezujejo robovi, navadno pridobljeni s preštevanjem vlaken, ki prehajajo skozi vsako vozlišče. Nato lahko raziskovalci izračunajo vse standardne mere mrež. Pri tem postopku pride do težav, zaradi tehnološko neizvedljive validacije vlaken bele snovi, ki so rezultat traktografskih slikovnih metod. Različni algoritmi, uporabljeni za pridobitev osnovnih podatkov dajejo različne rezultate, medtem ko je določanje območij zanimanja dovzetno za napake. Nadalje filtriranje podatkov s pomočjo pragov, ki obdržijo le močnejše povezave, dodatno vpliva na rezultate.

Predlagajo, da se namesto teh metod uporabi uporabi nove matematične konstrukte, ki omogočajo raziskovanje podatkov difuzijskega obteženega MRI na nivoju vokslov, s pomočjo transformacije dobljenih podatkov v matrično obliko in raziskovanjem lastnosti te matrike. Za izračun potrebnih vrednosti ponudijo tudi algoritme, ki izračune omogočijo z razumno količino računalniške moči (Li idr., 2013).

Barch idr. (2013) so v svojem članku utemeljili in opisali razvoj testnih baterij, tfMRI (ali *task functional magnetic resonance imaging*) in postopke za validacijo in opredeljevanje rezultatov pridobljenih iz podatkov funkcionalne povezljivosti. Raziskovalci so delovali v okviru HCP (ali *human connectome projecta*), največjega projekta s področja možganske povezljivosti, katerega cilj je izdelati popoln konektom človeških možganov. V članku utemeljijo metodologijo tega projekta in s tem postavijo osnovno raziskovalno ogrodje za prihodnje študije.

Geerligs, Rubinov in Henson (2015) so opozorili na problematiko vpliva različnih duševnih stanj na funkcionalno povezljivost. Funkcionalno povezljivost raziskovalci ponavadi obravnavajo kot lastnost (ang. *Trait*), ali razmeroma stalno značilnost posameznika. V eksperimentu, kjer so udeležence slikali s pomočjo fMRI-ja v treh različnih stanjih, v mirovanju, ob opravljanju senzomotorne naloge ter ob gledanju filma, so pokazali vpliv različnih duševnih stanj na podatke o funkcionalni povezljivosti. Učinki stanj so v analizi pojasnili enako količino variance kot dejavniki, ki delujejo kot poteze, oz. stalni vzorci povezljivosti, povezani z vsakim posameznim duševnim stanjem. Ugotovljeno avtorji predstavijo kot potencialno spregledano področje možganske povezljivosti.

Hahn idr. (2015) so preverili do kakšne mere posamezniki delijo vzorce funkcionalne povezljivosti. Ugotovili so, da si posamezniki od vseh opaženih povezav delijo le približno polovico, oziroma da je variabilnost v funkcionalni povezljivosti med osebami prisotna v polovici celotnih povezav. Vendar so posamezniki kljub variabilnosti izkazovali enake lastnosti malega sveta v mrežah. Povezali so tudi štiri pomembnejše mere mrežne ekonomije; značilno dolžino poti, koeficient gručenja, odgovor na napake in poškodbe (nadalje napade) in "ceno" povezave. Korelacije med merami kažejo na fino usklajena razmerja med različnimi elementi ekonomije možganskih mrež, ki bi lahko igrala veliko vlogo v nastanku medosebnih razlik v funkcionalni povezljivosti.

Shehzad idr. (2014) so preizkusili metodo CWAS študij, ki prinesejo celovito opredelitev odnosov med možgani in vedenjem za celoten konektom. CWAS (ali *connectome wide association studies*), je pristop k obdelavi podatkov možganske povezljivosti podoben pristopu, ki ga uporabljajo asociacijske študije genoma. Uporabili so multivariatno metodo, ki za večje število funkcionalnih povezav med osnovnimi enotami (ROI ali vokslji) določi vpliv na fenotipske spremenljivke (npr. starost, spol, diagnoza). Uporabnost pristopa demonstrirajo z identifikacijo odnosov med fenotipom in povezljivostjo voksljev posameznega možganskega področja za IQ in jih primerjajo s prejšnjimi študijami. Ugotovijo veliko podobnost, s čimer so pokazali, da lahko CWAS ponudijo vodilo za določanje ROI v študijah, ki temeljijo na vnaprej določenih semenih oz. področjih, katerih povezljivost z ostalimi možgani merimo. Za določanje povezljivosti je namreč v študijah, ki ne preverjajo celotne možganske povezljivosti sočasno, potrebno vnaprej določiti seme ali neke vrste glediščno točko. To seme je možgansko področje, za katerega bomo raziskovali kako se povezuje z ostalimi ROI.

Cieslak in Grafton (2014) sta predstavila traktografsko metodo, ki omogoča raziskovanje podatkov DWI v celotnih možganih na nivoju vokslov. DWI (ali *diffusion weighted MRI imaging*), meri difuzijo vodnih molekul in omogoča vpogled v strukturo povezav bele snovi v možganih. Metoda pregleda povezave, ki tečejo skozi posamezne voksele in povezujejo različne pare kortikalnih regij za vsakega posameznika, in ustvari vzorce koncev povezav. S pridobljenimi podatki lahko primerjamo skupine posameznikov med sabo glede na spremenljivke, kot je npr. bolezensko stanje, in ugotavljamo spremembe bele materije povezane s to spremenljivko ter tako posameznike razvrščamo v skupine. Od običajnih traktografskih metod se razlikuje po tem, da se ukvarja s povezavami celotnih možganov.

Sohn idr. (2015) so v svoji študiji opozorili na pomembnost pravilne določitve ROI ali regij zanimanja v študijah funkcionalne povezljivosti. Na primeru interpretacije podatkov o funkcionalni povezljivosti in spremembami povezanimi s starostjo so prikazali popačenje rezultatov ob uporabi standardiziranih ROI za vse osebe. Predlagali so uporabo individualiziranega pristopa določanja ROI za vsakega posameznika posebej.

Saggar idr. (2015) so preizkusili metodo ocenjevanja individualnega prispevka k strukturni korelacijski mreži. Strukturne korelacijske mreže so mreže dobljene s pomočjo strukturnih MRI podatkov več udeležencev in tako ponavadi ne podajajo informacije o razlikah v morfologiji možganov posameznikov v povezavi s spremenljivkami kot je bolezensko stanje. Uporabili so dve novi metodi za pridobivanje informacij iz skupinskih strukturnih korelacijskih mrež in jih uspešno uporabili za razlikovanje med osebkami s sindromom krhkega x kromosoma in normalnimi kontrolami.

Abram idr. (2016) so opozorili na težave z uporabo metode najmanjših kvadratov za izbiro prediktorjev medosebnih razlik v nevroloških študijah. Določanje povezave med spremenljivko in možgansko mrežo se v današnjih povezavah navadno opravlja z metodo najmanjših kvadratov. Metoda najmanjših kvadratov v nevroloških študijah pogosto da preveč zaprte modele, ki lahko postanejo neposplošljivi zaradi majhnega števila udeležencev in velikega števila spremenljivk. Nadalje je statistična pomembnost vpliva spremenljivke pridobljenega z metodo najmanjših kvadratov odvisna od vplivov ostalih spremenljivk, ko prihaja do medsebojne povezanosti teh. Avtorji predlagajo od podatkov odvisno uporabo treh modelov penalizirane regresije.

Iz zbranega je razvidno, da metodologija področja možganske povezljivosti še zdaleč ni ustaljena, vendar se standardizacija postopkov izvedbe študij in analize ter interpretacije podatkov že dogajajo, kar je razvidno iz študije Barch-a idr. (2013). Razvoj novih metod ter poskus holističnega razlaganja in razumevanja možganske povezljivosti je zaslediti v člankih Saggara (2015), Cieslaka in Graftona (2014), Shehzada idr. (2014) in Li-ja idr.(2013). Štiri študije od devetih, ki smo jih uvrstili v kategorijo metodologija, se tako nanaša na napredovanje metodologije, ki omogoča celosten pogled na možgane in možgansko povezljivost. Opaženo bi lahko nakazovalo na naraščajočo pomembnost celostnih študij možganov in možganske povezljivosti za razumevanje področja. Ostale štiri študije opozarjajo na različne zaplete, ki nastanejo zaradi narave pridobljenih podatkov (Hahn idr., 2015; Geerligs, Rubinov, Henson, 2015) ali pa opozarjajo na probleme nastale zaradi uporabe dosedanjih metod obdelave podatkov in interpretacije rezultatov (Li, idr. 2013; Abram idr. 2016). To kaže na razmeroma nerazrešeno problematiko ustrezne metodologije področja in aktivno iskanje rešitev.

3.2 Anksioznost in osebnostne poteze

3.2.1 Osebnostne poteze

Raziskovanje osebnostnih potez BIG-5 modela s pomočjo možganske povezljivosti se glede na pridobljene članke, močno osredotoča na raziskovanje nevroticizma v kombinaciji z drugimi osebnostnimi potezami.

Aghajani idr. (2014) so se na podlagi predhodnih študij, ki povezujejo amigdalo z osebnostnima potezama ekstravertnost in nevroticizem, odločili preveriti vpliv možganske povezljivosti amigdale z drugimi možganskimi strukturami na izražanje ekstravertnosti in nevroticizma s pomočjo fMRI slikanja v mirujočem stanju (nadalje rsfMRI; rs pomeni *resting state* ali mirujoče stanje). Ugotovijo, da imajo posamezniki z močnejše izraženim nevroticizmom večjo povezljivost amigdale s prekuneusom in manjšo povezljivost amigdale s temporalnimi poli, insulo in superiornim temporalnim girusom. Posamezniki z močnejše izraženo ekstravertnostjo pa kažejo večjo povezljivost amigdale s putamnom, temporalnimi poli, insulo in več regijami okcipitalnega korteksa. Predlagali so, da bi se te razlike lahko odražale v težje prilagodljivi percepciji in procesiranju socioemocionalnih in sebi pomembnih informacij, ki je pogosta lastnost bolj nevrotičnih posameznikov. Vzorec povezljivosti povezan z ekstravertnostjo pa bi lahko odražal povišano občutljivost za nagrado in boljše socioemocionalno delovanje ekstravertov. Študija je tako razločila dva vzorca povezljivosti v mirujočem stanju, značilna za lastnosti nevroticizma in ekstravertnosti, ki bi potencialno lahko povezovala nevroticizem in ekstravertnost z nevrobiološkim ustrojem dovzetnosti za motnje čustvovanja.

Servaas idr. (2013) so raziskovali možgansko povezljivost odziva na kritiko ter primerjali odzive pri bolj nevrotičnih in manj nevrotičnih posameznikih. Ugotovili so, da se poveča povezljivost možganskih struktur povezanih s kritiko, z možganskimi strukturami povezanimi s procesiranjem čustev. Funkcionalna povezljivost bolj nevrotičnih udeležencev je bila med območji povezanimi s kritiko in območji mreže privzetega stanja (*default mode network*, mreža ki je aktivna ob tem, ko posameznik ni osredotočen na opravljanje naloge, ena glavnih mrež stanja mirovanja ali *resting state*) ter mrežami višje kognitivne kontrole znižana. Bolj nevrotični posamezniki so izkazovali spremenjeno funkcionalno povezljivost med območji povezanimi s kritiko in območji vpletenimi v ocenjevanje, ekspresijo in regulacijo negativnih čustev. Predlagali so, da izsledki lahko nakazujejo na to, da kritizirana oseba ob kritiki poskuša razumeti prepričanja, dojemanje in občutke kritika za izoblikovanje prilagojenega socialnega vedenja. Na več vidikov čustvenega procesiranja, ki naj bi bili povezani z občutljivostjo na negativno socialno evalvacijo, je vplival nevroticizem. Njihove rezultate podpira tudi študija Chen, Chen, Yang in Yuan (2017), ki je opredelila vpliv osebnostne poteze zavedanja o sebi, kot poddimenzije nevroticizma, na regulacijo čustev. Pokazali so, da imajo ljudje z višje izraženim zavedanjem o sebi zmanjšano sposobnost zaviranja desne amigdale, kar vodi v težje kontroliranje lastnih čustev. Predlagajo, da se pri študijah nevroticizma prične upoštevati heterogenost te lastnosti.

Dima, Friston, Stephan in Frangou (2015) ugotovijo povezavo med nevroticizmom in vestnostjo ter delovnim spominom. Nevroticizem je zaviral nevroplastične odzive mreže delovnega spomina izražene z efektivno povezljivostjo, medtem ko je vestnost te odzive ojačevala. Rezultat kažejo na vpliv odnosov med stalnimi povezljivostnimi vzorci, kot so osebnostne poteze, in kratkoročnimi povezljivostnimi vzorci na razlike v kognitivni učinkovitosti posameznikov.

Osebnostne poteze po BIG-5, ki jih zadnje raziskave kažejo kot pomembno povezane z možgansko povezljivostjo so tako ekstravertnost, vestnost in predvsem nevroticizem, ki močno korelira z spremembami povezljivosti mnogih možganskih območij. Študije možganske povezljivosti tako omogočajo vpogled v nevrobiološko bazo osebnostnih razlik in razkrivajo vzroke dolgo opažanih razlik v vedenju posameznikov z različno izraženimi osebnostnimi potezami.

3.2.2 Anksioznost

Bijsterbosch, Smith, Forster, John in Bishop (2014) so razlikovali med povezljivostjo značilno za kognitivni in fiziološki profil anksioznosti, ob kontroliranju za depresivni afekt. Fiziološko anksioznost so povezali z razširjenimi spremembami v insularni povezljivosti, znotraj insule in med insulo in drugimi medianofrontalnimi in subkortikalnimi mrežami. Povečano povezljivost med frontoparietalnim cingulatnim korteksom s prekuneusom so povezali s kognitivno anksioznostjo, kar bi lahko odražalo povečano spontano negativno kognicijo kot je skrb. Predlagajo, da sta fiziološka in kognitivna anksioznost poddimenziji anksioznega čustvovanja, ki odkrivata spremembe v povezljivosti možganov povezanih z njima.

Na področju anksioznosti možganska povezljivost odkriva nevrobiološko podlago poddimenzij tega pojma in omogoča razločevanje anksioznega in depresivnega čustvovanja.

3.2.3 Iskanje novosti in izogibanje škodi

Študiji Kyeong, Kim, Park in Hwang (2014) ter Kann, Zhang, Manza, Leung in Li (2016) sta preverili povezavo med možgansko povezljivostjo in lastnostima iskanje novosti in izogibanje škodi po Cloningerju. Kyeong, Kim, Park in Hwang ugotovijo, da so v visoko izogibajočih posameznikih regulatorni možganski predeli bolj povezani z limbičnim sistemom, medtem ko so pri visoko iskalnih posameznikih predeli, ki ležijo na ali blizu dopaminergičnih poti, bolj povezani drug z drugim (na primer prefrontalni korteks je pri visoko izogibajočih bolj povezan z limbičnim sistemom in pri visoko iskalnih z dopaminergičnim). Izsledki tako kažejo, da je pri visoko izogibajočih posameznikih nevrološka baza za inhibirano, pasivno vedenje povečana povezljivost med prefrontalnim korteksom in limbičnim sistemom. Kann idr. (2016) pa ugotovijo razlike med spoloma v povezljivosti povezani s tema dvema osebnostnima lastnostma.

Možganska povezljivost tako omogoča vpogled v nevrobiologijo mnogih osebnostnih značilnosti posameznikov in razlik med njimi. Od raziskovalnega vedenja (Kyeong, Kim, Park in Hwang, 2014; Kann idr., 2016) do nevroticizma (Aghajani idr., 2014; Servaas idr., 2013; Chen, Chen, Yang in Yuan, 2017; Dima, Friston, Stephan in Frangou, 2015) in anksioznosti (Bijsterbosch, 2014). Omogočajo pa ne le razlikovanje različnih konceptov na podlagi nevrobiologije, temveč tudi razlago razvoja in vpliva nevrobioloških razlik, ki sta povezana z razlikami v vedenju.

3.3 Inteligentnost, učenje in odločanje

3.3.1 Inteligentnost

Santarnechi, Galli, Polizzotto, Rossi, in Rossi (2014) so ugotovili, da so za razlikovanje v inteligentnosti med posamezniki veliko bolj informativne dolge, šibke povezave v kombinaciji z bolj običajno preučevanimi močnejšimi povezavami. Šibke povezave so pojasnile večino variance v IQ-ju med posamezniki, medtem ko najmočnejše povezave niso pomembno razlikovale med udeleženci. Predlagali so, da je inteligentnost odvisna od odnosa med sistemom šibkih, dolgih povezav in osnovnega ogrodja močnih povezav, ki je skupno vsem. Slednje so pomembno spremenjene le v resnih patoloških stanjih, zato naj bi močnejše povezave slabše razločevale med posamezniki po inteligentnosti. Dodatno so identificirali možganska področja, katerih globalna učinkovitost je bila pomembno povezana z inteligentnostjo. Izsledke njihove študije, kjer omenijo lateralni prefrontalni korteks kot območje, ki pripomore k inteligentnosti, potrjuje tudi študija Cola, Ita in Braverja (2015), v kateri opredelijo vlogo lateralnega prefrontalnega korteksa kot pomembnega povezljivostnega središča in njegov vpliv na fluidno inteligentnost.

Kim idr. (2016) podobno kot Santarnechi idr. (2014) ugotovijo povezavo med inteligentnostjo otrok in globalno učinkovitostjo strukturne povezljivosti. Višja učinkovitost je tako kot pri Santarnechiju idr. (2014) korelirala z višjo inteligentnostjo. Zanimivo so Santarnechi, Rossi in Rossi (2015) ugotovili povezavo med inteligentnostjo in odpornostjo možganskih mrež, kar je možna posledica večje globalne učinkovitosti mrež bolj inteligentnih posameznikov. Chiang idr. (2012) identificirajo mrežo genov, ki vpliva na integriteto bele snovi v možganih in predlagajo vpliv teh genov na inteligentnost.

Na področju raziskovanja inteligentnosti možganska povezljivost omogoča razvoj nevrobiološke baze za razlago inteligentnosti. Smith idr. (2015) predlagajo, da vzorci možganske povezljivosti v korelaciji z inteligentnostjo lahko predstavljajo nekakšen g-faktor inteligentnosti osnovan na nevrobioloških procesih in povezan s spearmanovim g faktorjem inteligentnosti.

3.3.2 Učenje

Gerraty, Davidow, Wimmer, Kahn, in Shohamy (2014) odkrivajo povezavo med prenosom znanja iz znanih situacij v nove in povezljivostjo hipokampus, ventromedialnega prefrontalnega korteksa in mrežo privzetega stanja ter frontalno-parietalno mrežo (ena izmed mrež mirujočega stanja). Rezultati so kazali na to, da je za učenje in uporabo znanja v novih situacijah ključnega pomena medsebojno povezovanje možganskih centrov in večjih mrež. Cousijn, Zanolie, Munsters, Kleibeuker in Crone (2014) so identificirali povezljivost med možganskimi področji, ki vpliva na boljše kreativno mišljenje v študiji učinkov učenja kreativnega mišljenja na možgansko povezljivost. Ugotovili so, da učenje kreativnega mišljenja ni imelo vpliva na možgansko povezljivost.

Na področju učenja možganska povezljivost ponuja vpogled v procese potrebne za uporabo naučenega znanja.

3.3.3 Odločanje

Tavor idr. (2016) si v študiji zastavijo vprašanje, če je mogoče s pomočjo slikanja v mirujočem stanju napovedati aktivacijo možganov posameznika med opravljanjem naloge. Predlagajo, da specifičen vzorec aktivacije možganov posameznika ni toliko odvisen od zunanjih dejavnikov kot od notranjih lastnosti možganov posameznika. S primerjavo povezljivost v mirujočem stanju proti povezljivosti ob opravljanju mnogih različnih nalog so uspeli ustvariti model, ki je napovedoval specifično aktivacijo prej neobravnanih udeležencev. Predlagajo da notranje lastnosti možganov vplivajo na naše delovanje.

De Wit idr. (2016) so osvetlili razloge, zaradi katerih nekateri ljudje hitreje zapadejo v nefleksibilne navade kot drugi. Ugotavljajo, da je moč kortikostriatnih vlaken med posteriornim putamnom in premotornim korteksom napoveduje ranljivost za »vedenjske spodrsaljaje« v stare, nefunkcionalne vzorce. Nadalje pokažejo, da je mreža, ki vključuje kavdat in ventromedialno prefrontalni korteks podlaga za fleksibilno, na cilj usmerjeno vedenje, odvisno od pričakovanja cilja in evalvacije. Putamen in premotorni korteks pa sta vključena v mreži, ki je odgovorna za nastanek in ohranjanje navad. Študija predlaga, da je bela snov v možganih ključnega pomena za ravnovesje med na cilj usmerjenim in habituarnim vedenjem.

Barnes, Anderson, Plitt in Martin (2014) so s pomočjo intrinzične možganske povezljivosti (*resting state* povezljivost) in vzorcem hitre rekonfiguracije možganskih mrež napovedali izbiro strategije pri nalogi razločevanja smeri gibanja (*motion discrimination task*).

Na področju odločanja možganska povezljivost odpira mnoga vprašanja determiniranosti človeških miselnih procesov pri preprostem odločanju in ponuja vpogled v oblikovanje našega vsakdana. Na vseh treh področjih, inteligentnosti, odločanju in učenju, možganska povezljivost predstavlja teorijo, ki lahko pomembno prispeva k razumevanju vzroka za nastanek medosebnih razlik v sposobnosti.

3.4 Druge duševne motnje

3.4.1 Mejna osebnostna motnja

Xu idr. (2016) so raziskali razlike v povezljivosti med udeleženci z mejno osebnostno motnjo in zdravimi kontrolami. Pri udeležencih z motnjo so našli povečano razločitev posameznih mrež in zmanjšano povezljivost med njimi. Odkrili so zmanjšano povezljivost limbičnega sistema z drugimi deli možganov ter da splošna možganska povezljivost pomembno zmanjšana predvsem med območji, ki so oddaljena. To zmanjšano splošno povezljivost povežejo z dosežki na kliničnih ocenah, kjer manjša povezljivost napoveduje višje dosežke in posledično hujšo simptomatiko. Predlagajo, da večje gručenje povezljivosti in manjša povezljivost med posameznimi centri pojasne mnogo simptomov mejne osebnostne motnje. Krause-Utz idr. (2014) ter Salvador idr. (2016) so prišli do podobnih zaključkov v svojih študijah možganskih mrež v mirujočem stanju in strukturne povezljivosti, medem ko Doll idr. (2013) ugotavljajo premik v pomembnosti od osrednje izvršilne mreže (*central executive network*, mreža mirujočega stanja) k mreži vrednotenja (*saliency network*; mreža mirujočega stanja) pri bolnikih z mejno osebnostno motnjo. Predlagajo, da je vzrok slabšega nadzorovanja čustev pri mejni osebnostni motnji lahko premik od kognitivne kontrolne k čustvenim mrežam, kar ima za posledico težje uravnavanje čustev.

Deloma so problematiko nadzora čustev pri mejni osebnostni motnji poskusili razrešiti Paret idr. (2016) s pomočjo realnočasovnega fMRI nevrofeedbacka amigdale. Njihov pristop je zmanjšal disociacijo in primankljaj čustvenega zavedanja bolnikov ter spremenil možgansko povezljivost med amigdalo in ventromedialnim prefrontalnim korteksom in lateralnim prefrontalnim korteksom. Pridružujejo se jim De Vidovich idr. (2016), ki so s pomočjo ponavljajoče transkranijske magnetne stimulacije cerebeluma v svoji pilotni študiji uspeli zmanjšati impulzivnost bolnikov z mejno osebnostno motnjo.

Mejna osebnostna motnja je verjetno področje, na katerem se najzgodneje kaže aplikativnost raziskovanja možganske povezljivosti. Omogoča razločevanje med bolniki in zdravimi ter prinaša nove načine zdravljenja motnje, ki delujejo neinvazivno na nevrobiologijo možganov.

3.4.2 Druge duševne motnje

Študije možganske povezljivosti so omogočile vpogled v širok spekter duševnih motenj in njihove nevrobiološke temelje. Favaro idr. (2012) so se osredotočili na povezljivost somatosenzornih in vidnoprstorskih področij pri udeležencih z anoreksijo, tistih ki so se anoreksije rešili, ter zdravih udeležencev kontrolne skupine. Odkrili so padec povezljivosti v ventralni vidni mreži pri skupini z anoreksijo ter tisti, ki se je anoreksije rešila. Skupina z anoreksijo kaže tudi večjo aktivacijo v levem parietalnem korteksu, ki zaobjema somatosenzorni korteks, povezan s prostorskim spominom in reprezentacijo. Predlagajo, da je anoreksija močno povezana z dvojno motnjo v povezljivosti, ki vpliva na vidnoprstorske zaznave in lahko razloži neuspešno integracijo vidnih in somatosenzornih zaznav, ki botrujejo popačeni telesni predstavi.

Karalunas idr. (2014) so s pomočjo funkcionalne povezljivosti, srčnega fiziološkega odziva in enoletnega spremljanja razvili tri nove tipe ADHD-ja (*attention deficit hyperactivity disorder*) na osnovi temperamenta (razdražljiv, surgenten in blag) s pomočjo algoritma, ki je udeležence študije gručil glede na prej omenjene mere. Njihov model je bolje opisoval ADHD in razločeval posameznike kot prejšnji nosološki kriteriji. Kyeong idr. (2015) so stopnjo ADHD pri posameznikih razlikovali s pomočjo oblikovanja modela zdravega stanja in magnitude bolezenske komponente pri udeležencu glede na model zdravega stanja. Ugotovili so, da je postopek dobro razločeval med različnimi stopnjami ADHD in zdravimi kontrolami.

Na drugih področjih so Gu idr. (2015) spremenjeno efektivno možgansko povezljivost insule in fiziološke mere povezali s slabšim empatičnim odzivom bolnikov z motnjo avtističnega spektra, Ahmadlou, Ahmadi, Rezazade in Azad-Marzabadi (2013) so s pomočjo EEG meritev pokazali motnjo lastnosti malega sveta funkcionalne povezljivosti pri amfetaminskih odvisnikih, medtem ko so Sedeno idr. (2014) ugotovili zmanjšano možgansko povezljivost bolnika z depresionalizacijsko-derealizacijsko motnjo ob nalogah, ki zahtevajo interoceptijo in čustveno empatijo. Nadalje so Juárez, Kiehl in Calhoun (2013) identificirali cingulatni korteks kot pomembno udeležen v manifestacijo psihopatskih simptomov, Skudlarski idr. (2013) pa so odkrili nepravilnosti bele snovi pri shizofreniji in psihotični bipolarni motnji. Primerjali so obolele s sorodniki ter zdravimi udeleženci, ki so sestavljali kontrolno skupino. Ugotovili so manjšo povezljivost v več možganskih regijah pri obeh boleznih, pri shizofreniji so bile razlike bolj izražene. Mnoga področja, ki so prizadeta pri shizofreniji, so bila spremenjena tudi pri sorodnikih, vendar manj izraženo kot pri pacientih. Pri bipolarni motnji so bile spremembe omejene na mlajše sorodnike. Ugotovijo tudi upad povezljivosti s staranjem, ki je posebno izražen v shizofreniji.

Zhao, de Schotten, Altarelli, Dubois in Ramus (2016) so identificirali več sprememb strukturne povezljivosti pri otrocih z disleksijo, ki pojasnjujejo individualne razlike v bralnih sposobnostih.

Na področju duševnih bolezni in motenj možganska povezljivost postaja področje, kjer se hitro razvijajo nove diagnostične možnosti, zdravljanje, klasifikacija in opis bolezni glede na nevrobiološko podlago.

3.5 Drugo

3.5.1 Neduševna bolezenska stanja

Serra idr. (2014) so ugotovili, da se pri miotonični distrofiji tipa 1 pojavi spremenjena funkcionalna povezljivost povezana s pojavnostjo shizotipskih in paranoidnih osebnostnih lastnosti povezanih s to boleznijo. Predlagajo, da bolezen, poleg drugih simptomov, povzroči spremenjeno funkcionalno povezljivost.

Crawley idr. (2014) so povezali spremembe v strukturni povezljivosti, povezani s corpusom callosumom, z nižjim IQ ter slabšimi rezultati pri motoričnih in slušnih nalogah pri bolnikih s spino bifido mielomeningocelom.

3.5.2 Spol

Joel idr. (2015) so analizirali več kot 1400 slik možganov, kjer so preverjali dimorfnost človeških možganov po spolu. Ugotovili so, da so vsaki možgani mozaik lastnosti, ki jih pripisujemo bolj moškimi, bolj ženskami ali obojim. Zaključujejo, da se možgani ne morejo deliti v ostro žensko ali ostro moško kategorijo. Santarnecchi, Vatti, Déttore in Rossi (2012) so pri transseksualni udeleženci primerjali so povezljivost v možganskih področjih, ki so identificirana kot spolno dimorfna. Raziskava ni pokazala pomembnih razlik med udeleženko in netransseksualnimi ženskami.

3.5.3 Nagrajevanje in užitek

Sachs, Ellis, Schlaug in Loui (2016) so preučili, če razlike v strukturni povezljivosti vplivajo na občutljivost za nagrado (prijetna občutja) ob glasbi. Ugotovili so, da strukturna povezljivost med superiornim senčnim girusom, več območji v insuli in medianim prefrontalnim korteksom pojasnjuje razlike med posamezniki v občutljivosti za nagrado ob glasbi. Podali so še možno evolucijsko teorijo razvoja vrednosti estetike, da socialno-emocionalna komunikacija preko avditornega kanala povzroči bazo za estetsko uživanje.

Costumero idr. (2013) so povezali dosežke na vprašalniku občutljivosti za nagrado z efektivno povezljivostjo možganskih struktur udeleženih v nagrajevanje. Pokazali so, da občutljivost na nagrajevanje modulira aktivnost in povezljivost možganskih območij vpletenih v nagrajevanje.

3.5.4 Razno

Limanowski, Lutti in Blankenburg (2014) so v svoji študiji dokazali vpletenost ekstrasriatnega telesa v občutku lastništva uda. S pomočjo avtomatizirane in prilagojene iluzije gumijaste roke (*rubber hand illusion*) in merjenjem možganske povezljivosti so pokazali, da ob iluziji lastništva roke močno sodeluje ekstrasriatno telo, ki se je močneje povezovalo s primarnim somatosenzornim korteksom in tempoparietalnimi multisenzornimi področji. Nadalje je moč aktivacije udeležencevih najmočneje aktiviranih vokslov ekstrasriatalnega telesa močno korelirala z vedenjsko oceno moči iluzije, kar odraža razlike v poročani moči izkušnje iluzije.

Wang idr. (2014) so preučili nevrološke mehanizme akutnega vpliva kajenja na kronične kadilce. Študija je bila zasnovana tako, da so preučevali vpliv akutnega efekta kajenja na kadilce. Skupina kadilcev se je najprej za 12 ur vzdržala kajenja, nato so jih slikali z rs-fMRI. Potem so pokadili dve cigareti nakar so jih zopet slikali z rs-fMRI. Ugotovili so strukturne razlike pri kadilcih v insuli, thalamusu, medianem frontalnem korteksu in več področji mreže privzetega stanja v primerjavi z nekadilci. Globalna možganska povezljivost je bila povečana pri kadilcih po pokajenih cigaretah v insuli in superiornem frontalnem girusu v primerjavi z nekadilci. Pred pokajenimi cigaretami, kadilci izkažejo pomembno manjšo globalno možgansko povezljivost več regij znotraj mreže privzetega stanja v primerjavi z stanjem po pokajenih cigaretah, kar lahko kaže na vpletenost mreže privzetega stanja v recidive po kratkem časovnem obdobju nekajenja.

Zhou, Wu, Yu in Lei (2017) so v svoji študiji identificirali funkcionalne mreže mirujočega stanja, katerim se ob primanjkovanju spanja povezljivost zmanjša podobno, kot je to značilno za staranje. S tem za določene mreže, za katere so značilne starostne spremembe, omogočimo preučevanje z uporabo mlajših kot modela in potencialno bolje razumemo učinke staranja na možgansko povezljivost preko spremenljivke spanja.

4 DISKUSIJA

V diskusiji poskušamo odgovoriti na zastavljeno vprašanje: »Na katerih področjih novejše raziskave povezujejo možgansko povezljivost in osebnost, ter kakšen pomen te povezave nosijo za psihološko stroko?« Predlagamo tudi smernice za nadaljnje raziskovanje. Ugotovili smo, da novejše raziskave možgansko povezljivost in osebnost povezujejo na številnih področjih medosebnih razlik, od inteligentnosti (Smith idr. 2015; Santarnecchi idr. 2014, Kim idr. 2016; Chiang idr., 2012; Santarnecchi, Rossi, Rossi, 2015; Cole, Ito, Braver, 2015), osebnostnih potez (Aghajani idr., 2014; Servaas idr., 2013; Chen idr., 2017; Dima idr., 2015; Bijsterbosch idr., 2014; Kyeong idr., 2014; Kann idr., 2016) do specifičnih duševnih motenj kot je mejna osebnostna motnja (Xu idr., 2016; Krause-Utz idr., 2014; Salvador idr., 2016; Doll idr., 2013). Skupno smo ugotovili sedem področij (Tabela 1), na katerih trenutne raziskave povezujejo pojma osebnosti in možganske povezljivosti.

Pomen za psihološko stroko opredelimo znotraj vsake od treh glavnih izbranih kategorij ter podamo predloge za nadaljnje raziskovanje.

4.1 Anksioznost in osebnostne poteze

Možganska povezljivost omogoča vpogled v nevrobiološko bazo mnogih osebnostnih značilnosti posameznikov in posledičnih razlik med njimi. Na področjih osebnostnih potez BIG-5 so študije možganske povezljivosti omogočile povezavo med nevrobiologijo in psihološkimi testi z razmeroma visokimi korelacijami (Aghajani idr., 2014; Bijsterbosch idr., 2014; Chen idr., 2017; Dima idr., 2015; Kyeong idr., 2014; Kann idr., 2016; Servaas idr., 2013). Ta napredek teorije osebnosti bi v prihodnosti lahko prinesel močno izboljšane diagnostične postopke motenj povezanih z osebnostnimi potezi BIG-5. Vendar pa lahko študije možganske povezljivosti odkrijejo več od same patologije, odkrivajo strukturne in funkcionalne lastnosti možganov, ki razločujejo posameznike med seboj. Z napredovanjem slikovnih tehnik in metodologije za obdelavo podatkov predvidevamo možnost razločevanja posameznikov po BIG-5 dimenzijah oz. vzorcih možganske povezljivosti povezanih z BIG-5 dimenzijami z veliko natančnostjo, kar bi lahko prineslo potrebno povezavo med biološkim in psihološkim in izoblikovanje novih, lažje kvantificiranih teorij osebnosti, ki bi tesno združevale izsledke nevrološke in psihološke stroke. V ta namen predlagamo nadaljnje raziskovanje in povezovanje dimenzij nevroticizma, ekstravertnosti in vestnosti z možgansko povezljivostjo in dodajamo predlog raziskovanja in močnejše povezave ostalih osebnostnih potez (odprtost in sprejemljivost) z nevrobiološkimi mehanizmi.

V primeru anksioznosti je študija možganske povezljivosti (Bijsterbosch idr., 2014) razločila med telesnim in kognitivnim delom anksioznostnega čustvovanja in razločila med anksioznim in depresivnim čustvovanjem. To prinaša potrditev dolgo predlagane razločitve teh konceptov in podaja izhodišče za nevrološko raziskovanje teh pojmov.

Dodatno so študije možganske povezljivosti osvetlile vzroke za razlike v pripravljenosti na tveganje in izogibanju negativnih posledic med posamezniki (Kyeong, Kim, Park in Hwang, 2014; Kann idr., 2016). Predlagamo nadaljnje raziskave razvoja razlik med anksioznimi in neanksioznimi posamezniki z namenom oblikovanja diagnostičnih pripomočkov.

4.2 Inteligentnost, učenje in odločanje

Na področju raziskovanja inteligentnosti možganska povezljivost omogoča razvoj nevrobiološke baze za razlago inteligentnosti (Smith idr. 2015; Santarnecchi idr. 2014, Kim idr. 2016; Chiang idr., 2012; Santarnecchi, Rossi, Rossi, 2015; Cole, Ito, Braver, 2015). Smith idr. (2015) predlagajo, da vzorci možganske povezljivosti v korelaciji z inteligentnostjo lahko predstavljajo nekakšen g-faktor inteligentnosti osnovan na nevrobioloških procesih in povezan s spearmanovim g faktorjem inteligentnosti. Za psihološko stroko to pomeni možnost razvoja objektivnih inteligentnih testov in ocene sposobnosti. Identifikacija omrežij vključenih v razlike v inteligentnosti prinaša potencial razvoja metod za izboljšanje kognitivnega delovanja na podlagi manipulacije možganske povezljivosti.

Na področju učenja (Gerraty idr., 2014) možganska povezljivost osvetli razlike med posamezniki v prenosu znanja, kar bi lahko vodilo v izoblikovanje tehnik, morda z nevrofeedback metodo, ki bi okrepila povezave med posameznimi mrežami, kar bi lahko pospešilo prenos znanja v uporabne situacije.

Na področju odločanja možganska povezljivost odpira vprašanja determiniranosti človeških miselnih procesov pri preprostem odločanju in ponuja vpogled v oblikovanje našega vsakdana (Tavor idr., 2016; De Wit idr., 2016; Barnes idr., 2014). To bi lahko nosilo uporabno vrednost pri razkrivanju mehanizmov oblikovanja nefunkcionalnih vzorcev vedenja od odvisnosti do vzgoje in slabih partnerskih odnosov. Predlagamo obširnejše raziskovanje tega področja v navezavi na oblikovanje navad.

4.3 Druge duševne motnje

Velik poudarek raziskovanja možganske povezljivosti in osebnosti, ki se navezuje na duševne motnje je na mejni osebnostni motnji. Ta je področje raziskovanja možganske povezljivosti, kjer se zgodaj kaže pomen razumevanja možganske povezljivosti za diagnostiko, opredelitev in zdravljenje motnje. V prihodnosti pričakujemo standardizacijo diagnostičnih postopkov mejne osebnostne motnje in oblikovanje podprte, enotne nevrološke teorije te motnje s specifičnimi načini zdravljenja, ki bodo vključevali moderne metode kot je nevrofeedback in transkranijska magnetna stimulacija.

Na področjih drugih motenj, kot je ADHD (Karalunas idr., 2014; Kyeong idr., 2015), anoreksija (Favaro idr., 2012), psihopatija (Juárez, Kiehl, Calhoun, 2013), shizofrenija in bipolarna motnja (Skudlarski idr., 2013) se pričinja podobno raziskovanje področja kot pri mejni osebnostni motnji, kar bo verjetno vodilo v razvoj specifičnih teorij, interpretacij, diagnostičnih postopkov in zdravljenj za našete motnje. Predlagamo raziskovanje povezav čim večjega števila duševnih bolezni in motenj, v idealnem primeru popolnega DSM-V in vzorcev možganske povezljivosti v namen oblikovanja učinkovitih metod zdravljenja in diagnosticiranja motenj.

5 SKLEPI

Iz rezultatov znanstvenega pregleda lahko zaključimo, da je raziskovanje možganske povezljivosti v povezavi z osebnostjo hitro rastoče področje, ki enako hitro pridobiva na pomembnosti za razumevanje medosebnih razlik in posledične patologije. Za psihološko stroko ponuja mnoga nova diagnostična in teoretična spoznanja ter omogoča trdno usidranje novih psiholoških teorij v nevrobiološki bazi možganske povezljivosti.

Konkretnije smo v zaključni nalogi ugotovili, da področje možganske povezljivosti nosi največje posledice in možnosti za področje raziskovanja osebnosti v treh kategorijah medosebnih razlik.

Na področju osebnostnih potez po BIG 5 študije možganske povezljivosti ponujajo začetek povezave med nevrobiologijo in klasičnimi psihološkimi testi, z razmeroma visokimi korelacijami. V prihodnosti vidimo potencial za izboljšanje diagnostičnih in presejalnih postopkov povezanih z motnjami, ki vključujejo osebnostne poteze BIG 5, na primer anksioznost, ter razvoj razumevanja nevrobioloških temeljev psiholoških pojavov.

Na področju inteligentnosti, lahko vzorci možganske povezljivosti v korelaciji z inteligentnostjo predstavljajo nekakšen g-faktor inteligentnosti osnovan na nevrobioloških procesih in povezan s spearmanovim g-faktorjem inteligentnosti. Za psihološko stroko to pomeni možnost razvoja objektivnih inteligentnostih testov in ocene sposobnosti.

Na področju duševnih motenj, ki niso povezane z BIG 5 modelom osebnosti, je velik poudarek v raziskovanju možganske povezljivosti pri mejni osebnostni motnji. Ta motnja je področje, kjer razumevanje možganske povezljivosti zgodaj kaže pomembnost za diagnostiko ter teoretsko razumevanje duševnih motenj. V prihodnosti pričakujemo standardizacijo diagnostičnih postopkov mejne osebnostne motnje in oblikovanje podprte, enotne nevrološke teorije te motnje s specifičnimi načini zdravljenja, ki bodo vključevali moderne metode kot je nevrofeedback in transkranijska magnetna stimulacija, ne le za mejno osebnostno motnjo, temveč tudi motnje kot so ADHD, psihopatija, shizofrenija in bipolarna motnja.

6 LITERATURA IN VIRI

Abram, S. V., Helwig, N. E., Moodie, C. A., DeYoung, C. G., MacDonald III, A. W., & Waller, N. G. (2016). Bootstrap Enhanced Penalized Regression for Variable Selection with Neuroimaging Data. *Frontiers in Neuroscience*, 10.

Adey, W.R., Walter, D.O., Hendrix, C.E., 1961. Computer techniques in correlation and spectral analysis of cerebral slow wave during discriminative behavior. *Exp. Neurol.* 3, 501–524.

Aghajani, M., Veer, I. M., van Tol, M. J., Aleman, A., van Buchem, M. A., Veltman, D. J., ... & van der Wee, N. J. (2014). Neuroticism and extraversion are associated with amygdala resting-state functional connectivity. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 14(2), 836-848.

Ahmadlou, M., Ahmadi, K., Rezazade, M., & Azad-Marzabadi, E. (2013). Global organization of functional brain connectivity in methamphetamine abusers. *Clinical neurophysiology*, 124(6), 1122-1131.

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5*. Washington, D.C: American Psychiatric Association.

Anticevic, A., Brumbaugh, M. S., Winkler, A. M., Lombardo, L. E., Barrett, J., Corlett, P. R., ... & Krystal, J. H. (2013). Global prefrontal and fronto-amygdala dysconnectivity in bipolar I disorder with psychosis history. *Biological psychiatry*, 73(6), 565-573.

Barch, D. M., Burgess, G. C., Harms, M. P., Petersen, S. E., Schlaggar, B. L., Corbetta, M., ... & Nolan, D. (2013). Function in the human connectome: task-fMRI and individual differences in behavior. *Neuroimage*, 80, 169-189.

Barnes, K. A., Anderson, K. M., Plitt, M., & Martin, A. (2014). Individual differences in intrinsic brain connectivity predict decision strategy. *Journal of neurophysiology*, 112(8), 1838-1848.

Behrens T. E. J., Sporns, O. (2012). Human Connectomics. *Curr Opin Neurobiol.*, 22(1), 144-153.

Bijsterbosch, J., Smith, S., Forster, S., John, O. P., & Bishop, S. J. (2014). Resting state correlates of subdimensions of anxious affect. *Journal of cognitive neuroscience*, 26(4), 914-926.

Chen, S., Chen, C., Yang, J., & Yuan, J. (2017). Trait self-consciousness predicts amygdala activation and its functional brain connectivity during emotional suppression: an fMRI analysis. *Scientific reports*, 7.

Chiang, M. C., Barysheva, M., McMahon, K. L., de Zubicaray, G. I., Johnson, K., Montgomery, G. W., ... & Thompson, P. M. (2012). Gene network effects on brain microstructure and intellectual performance identified in 472 twins. *Journal of Neuroscience*, 32(25), 8732-8745.

Cieslak, M., & Grafton, S. T. (2014). Local termination pattern analysis: a tool for comparing white matter morphology. *Brain imaging and behavior*, 8(2), 292-299.

Cole, M. W., Ito, T., & Braver, T. S. (2015). Lateral prefrontal cortex contributes to fluid intelligence through multinet network connectivity. *Brain connectivity*, 5(8), 497-504.

Costumero, V., Barrós-Loscertales, A., Bustamante, J. C., Ventura-Campos, N., Fuentes, P., & Ávila, C. (2013). Reward sensitivity modulates connectivity among reward brain areas during processing of anticipatory reward cues. *European Journal of Neuroscience*, 38(3), 2399-2407.

Cousijn, J., Zanolie, K., Munsters, R. J., Kleibeuker, S. W., & Crone, E. A. (2014). The relation between resting state connectivity and creativity in adolescents before and after training. *PloS one*, 9(9), e105780.

Crawley, J. T., Hasan, K., Hannay, H. J., Dennis, M., Jockell, C., & Fletcher, J. M. (2014). Structure, integrity, and function of the hypoplastic corpus callosum in spina bifida myelomeningocele. *Brain connectivity*, 4(8), 608-618.

De Vidovich, G. Z., Muffatti, R., Monaco, J., Caramia, N., Broglia, D., Caverzasi, E., ... & D'Angelo, E. (2016). Repetitive TMS on Left Cerebellum Affects Impulsivity in Borderline Personality Disorder: A Pilot Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10.

De Wit, S., Watson, P., Harsay, H. A., Cohen, M. X., van de Vijver, I., & Ridderinkhof, K. R. (2012). Corticostriatal connectivity underlies individual differences in the balance between habitual and goal-directed action control. *Journal of Neuroscience*, *32*(35), 12066-12075.

Dima, D., Friston, K. J., Stephan, K. E., & Frangou, S. (2015). Neuroticism and conscientiousness respectively constrain and facilitate short-term plasticity within the working memory neural network. *Human brain mapping*, *36*(10), 4158-4163.

Doll, A., Sorg, C., Manoliu, A., Meng, C., Wöller, A., Förstl, H., ... & Riedl, V. (2013). Shifted intrinsic connectivity of central executive and salience network in borderline personality disorder. *Frontiers in human neuroscience*, *7*, 727.

Favaro, A., Santonastaso, P., Manara, R., Bosello, R., Bommarito, G., Tenconi, E., & Di Salle, F. (2012). Disruption of visuospatial and somatosensory functional connectivity in anorexia nervosa. *Biological psychiatry*, *72*(10), 864-870.

Friston, K. J. (1994). Functional and effective connectivity in neuroimaging: a synthesis. *Human brain mapping*, *2*(1-2), 56-78.

Geerligs, L., Rubinov, M., & Henson, R. N. (2015). State and trait components of functional connectivity: individual differences vary with mental state. *Journal of Neuroscience*, *35*(41), 13949-13961.

Gerraty, R. T., Davidow, J. Y., Wimmer, G. E., Kahn, I., & Shohamy, D. (2014). Transfer of learning relates to intrinsic connectivity between hippocampus, ventromedial prefrontal cortex, and large-scale networks. *Journal of Neuroscience*, *34*(34), 11297-11303.

Geyer, S., Weiss, M., Reimann, K., Lohmann, G., & Turner, R. (2011). Microstructural parcellation of the human cerebral cortex—from Brodmann's post-mortem map to in vivo mapping with high-field magnetic resonance imaging. *Frontiers in human neuroscience*, *5*, 19.

Gu, X., Eilam-Stock, T., Zhou, T., Anagnostou, E., Kolevzon, A., Soorya, L., ... & Fan, J. (2015). Autonomic and brain responses associated with empathy deficits in autism spectrum disorder. *Human brain mapping*, *36*(9), 3323-3338.

Hahn, A., Kranz, G. S., Sladky, R., Ganger, S., Windischberger, C., Kasper, S., & Lanzenberger, R. (2015). Individual diversity of functional brain network economy. *Brain connectivity*, 5(3), 156-165.

Horwitz, B. (2003). The Elusive Concept of Brain Connectivity. *NeuroImage* 19: 466-470

Jia, H., Hu, X., & Deshpande, G. (2014). Behavioral relevance of the dynamics of the functional brain connectome. *Brain connectivity*, 4(9), 741-759.

Hwang, K., Velanova, K., & Luna, B. (2010). Strengthening of top-down frontal cognitive control networks underlying the development of inhibitory control: a functional magnetic resonance imaging effective connectivity study. *Journal of Neuroscience*, 30(46), 15535-15545.

Joel, D., Berman, Z., Tavor, I., Wexler, N., Gaber, O., Stein, Y., ... & Liem, F. (2015). Sex beyond the genitalia: The human brain mosaic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(50), 15468-15473.

Juárez, M., Kiehl, K. A., & Calhoun, V. D. (2013). Intrinsic limbic and paralimbic networks are associated with criminal psychopathy. *Human brain mapping*, 34(8), 1921-1930.

Kann, S., Zhang, S., Manza, P., Leung, H. C., & Li, C. S. R. (2016). Hemispheric Lateralization of Resting-State Functional Connectivity of the Anterior Insula: Association with Age, Gender, and a Novelty-Seeking Trait. *Brain Connectivity*, 6(9), 724-734.

Karalunas, S. L., Fair, D., Musser, E. D., Aykes, K., Iyer, S. P., & Nigg, J. T. (2014). Subtyping attention-deficit/hyperactivity disorder using temperament dimensions: toward biologically based nosologic criteria. *JAMA psychiatry*, 71(9), 1015-1024.

Kim, D. J., Davis, E. P., Sandman, C. A., Sporns, O., O'Donnell, B. F., Buss, C., & Hetrick, W. P. (2016). Children's intellectual ability is associated with structural network integrity. *Neuroimage*, 124, 550-556.

Konrad, K., & Eickhoff, S. B. (2010). Is the ADHD brain wired differently? A review on structural and functional connectivity in attention deficit hyperactivity disorder. *Human brain mapping*, 31(6), 904-916.

Krause-Utz, A., Veer, I. M., Rombouts, S. A. R. B., Bohus, M., Schmahl, C., & Elzinga, B. M. (2014). Amygdala and anterior cingulate resting-state functional connectivity in borderline personality disorder patients with a history of interpersonal trauma. *Psychological medicine*, *44*(13), 2889-2901.

Kyeong, S., Kim, E., Park, H. J., & Hwang, D. U. (2014). Functional network organizations of two contrasting temperament groups in dimensions of novelty seeking and harm avoidance. *Brain research*, *1575*, 33-44.

Kyeong, S., Park, S., Cheon, K. A., Kim, J. J., Song, D. H., & Kim, E. (2015). A new approach to investigate the association between brain functional connectivity and disease characteristics of attention-deficit/hyperactivity disorder: Topological neuroimaging data analysis. *PloS one*, *10*(9), e0137296.

Li, J., Jin, Y., Shi, Y., Dinov, I. D., Wang, D. J., Toga, A. W., & Thompson, P. M. (2013, September). Voxelwise spectral diffusional connectivity and its applications to Alzheimer's disease and intelligence prediction. In *International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention* (pp. 655-662). Springer Berlin Heidelberg.

Limanowski, J., Lutti, A., & Blankenburg, F. (2014). The extrastriate body area is involved in illusory limb ownership. *Neuroimage*, *86*, 514-524.

Lynall, M. E., Bassett, D. S., Kerwin, R., McKenna, P. J., Kitzbichler, M., Muller, U., & Bullmore, E. (2010). Functional connectivity and brain networks in schizophrenia. *Journal of Neuroscience*, *30*(28), 9477-9487.

McCrae, R. R., & John, O. P. (1992). An introduction to the five-factor model and its applications. *Journal of personality*, *60*(2), 175-215.

Nazarova, M., & Blagovechtchenski, E. (2015). Modern Brain Mapping—What Do We Map Nowadays?. *Frontiers in psychiatry*, *6*.

Olbrich, S., Tränkner, A., Chittka, T., Hegerl, U., & Schönknecht, P. (2014). Functional connectivity in major depression: increased phase synchronization between frontal cortical EEG-source estimates. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, *222*(1), 91-99.

Paret, C., Kluetsch, R., Zaehring, J., Ruf, M., Demirakca, T., Bohus, M., ... & Schmahl, C. (2016). Alterations of amygdala-prefrontal connectivity with real-time fMRI neurofeedback in BPD patients. *Social cognitive and affective neuroscience*, 11(6), 952-960.

Personality. (25. Maj 2017). Pridobljeno iz American Psychological Association: <http://www.apa.org/topics/personality/>

Rubinov, M. & Sporns, O. (2010). Complex network measures of brain connectivity: uses and interpretations. *Neuroimage* 52, 1059–69.

Sachs, M. E., Ellis, R. J., Schlaug, G., & Loui, P. (2016). Brain connectivity reflects human aesthetic responses to music. *Social cognitive and affective neuroscience*, nsw009.

Saggar, M., Hosseini, S. H., Bruno, J. L., Quintin, E. M., Raman, M. M., Kesler, S. R., & Reiss, A. L. (2015). Estimating individual contribution from group-based structural correlation networks. *Neuroimage*, 120, 274-284.

Salvador, R., Vega, D., Pascual, J. C., Marco, J., Canales-Rodríguez, E. J., Aguilar, S., ... & Maristany, T. (2016). Converging medial frontal resting state and diffusion-based abnormalities in borderline personality disorder. *Biological psychiatry*, 79(2), 107-116.

Santaracchi, E., & Rossi, S. (2016). Advances in the Neuroscience of Intelligence: from Brain Connectivity to Brain Perturbation. *The Spanish journal of psychology*, 19.

Santaracchi, E., Galli, G., Polizzotto, N. R., Rossi, A., & Rossi, S. (2014). Efficiency of weak brain connections support general cognitive functioning. *Human brain mapping*, 35(9), 4566-4582.

Santaracchi, E., Rossi, S., & Rossi, A. (2015). The smarter, the stronger: intelligence level correlates with brain resilience to systematic insults. *Cortex*, 64, 293-309.

Santaracchi, E., Vatti, G., Déttore, D., & Rossi, A. (2012). Intrinsic cerebral connectivity analysis in an untreated female-to-male transsexual subject: a first attempt using resting-state fMRI. *Neuroendocrinology*, 96(3), 188-193.

Scheinost, D., Sinha, R., Cross, S. N., Kwon, S. H., Sze, G., Constable, R. T., & Ment, L. R. (2016). Does prenatal stress alter the developing connectome?. *Pediatric research*, 81(1-2), 214-226.

Sedeño, L., Couto, B., Melloni, M., Canales-Johnson, A., Yoris, A., Baez, S., ... & Kichic, R. (2014). How do you feel when you can't feel your body? Interoception, functional connectivity and emotional processing in depersonalization-derealization disorder. *PLoS One*, *9*(6), e98769.

Serra, L., Silvestri, G., Petrucci, A., Basile, B., Masciullo, M., Makovac, E., ... & Bianchi, M. L. (2014). Abnormal functional brain connectivity and personality traits in myotonic dystrophy type 1. *JAMA neurology*, *71*(5), 603-611.

Servaas, M. N., Riese, H., Renken, R. J., Marsman, J. B. C., Lambregs, J., Ormel, J., & Aleman, A. (2013). The effect of criticism on functional brain connectivity and associations with neuroticism. *PloS one*, *8*(7), e69606.

Shehzad, Z., Kelly, C., Reiss, P. T., Craddock, R. C., Emerson, J. W., McMahon, K., ... & Milham, M. P. (2014). A multivariate distance-based analytic framework for connectome-wide association studies. *Neuroimage*, *93*, 74-94.

Skudlarski, P., Schretlen, D. J., Thaker, G. K., Stevens, M. C., Keshavan, M. S., Sweeney, J. A., ... & Pearlson, G. D. (2013). Diffusion tensor imaging white matter endophenotypes in patients with schizophrenia or psychotic bipolar disorder and their relatives. *American Journal of Psychiatry*, *170*(8), 886-898.

Sohn, W. S., Yoo, K., Lee, Y. B., Seo, S. W., Na, D. L., & Jeong, Y. (2015). Influence of ROI selection on resting state functional connectivity: an individualized approach for resting state fMRI analysis. *Frontiers in neuroscience*, *9*, 280.

Sporns, O. (2013). Structure and function of complex brain networks. *Dialogues Clin Neurosci*. *15*(3): 247–262.

Tavor, I., Jones, O. P., Mars, R. B., Smith, S. M., Behrens, T. E., & Jbabdi, S. (2016). Task-free MRI predicts individual differences in brain activity during task performance. *Science*, *352*(6282), 216-220.

Telesford, Q. K., Simpson, S. L., Burdette, J. H., Hayasaka, S., & Laurienti, P. J. (2011). The brain as a complex system: using network science as a tool for understanding the brain. *Brain connectivity*, *1*(4), 295-308.

Wang, K., Yang, J., Zhang, S., Wei, D., Hao, X., Tu, S., & Qiu, J. (2014). The neural mechanisms underlying the acute effect of cigarette smoking on chronic smokers. *PloS one*, 9(7), e102828.

Xu, T., Cullen, K. R., Mueller, B., Schreiner, M. W., Lim, K. O., Schulz, S. C., & Parhi, K. K. (2016). Network analysis of functional brain connectivity in borderline personality disorder using resting-state fMRI. *NeuroImage: Clinical*, 11, 302-315.

Zhao, J., de Schotten, M. T., Altarelli, I., Dubois, J., & Ramus, F. (2016). Altered hemispheric lateralization of white matter pathways in developmental dyslexia: Evidence from spherical deconvolution tractography. *Cortex*, 76, 51-62.

Zhou, X., Wu, T., Yu, J., & Lei, X. (2017). Sleep Deprivation Makes the Young Brain Resemble the Elderly Brain: A Large-Scale Brain Networks Study. *Brain connectivity*, 7(1), 58-68.